居眠り海難の分析—Ⅲ.

—海上居眠り事故の特性—

遠藤 真*・山崎 祐介*・村山 義夫**
高橋 勝***・日當 博喜***

Analysis on Ship's Accidents Caused by Dozing Watch-keepers—Ⅲ.

—Characteristics of Accidents—

Makoto ENDO, Yusuke YAMAZAKI, Yoshio MURAYAMA,
Masaru TAKAHASHI and Hiroyoshi HINATA

Abstract

In the first and second reports, the factor analysis of ship's accidents caused by dozing watch-keepers was studied.

In order to clarify the mechanism of above mentioned accidents and prepare prevention measures against them, a fault tree for them was proposed. The fault tree analysis of them was carried out. The proposed fault tree was presented to show the enough usefulness.

Probability comparison of ship's and car's accidents caused by dozing operators were studied in order to characterize ship's accidents. Risk assessment of both accidents were carried out. Results of both analysis showed that probability and risk of ship's accidents were too high to accept.

Three important and effective prevention measures were finally proposed as the final report on this study.

1. はじめに

日本周辺海域の居眠り原因海難は、図-1 に示すように、全衝突・乗揚げ海難事故の 10% 程度を占めており、早急な居眠り海難事故防止対策が求められている。前報告⁽¹⁾⁽²⁾において、居眠り海難の定量的実態、居眠り要因、要因の類型化、要因間の構造等がある程度明らかとなった。防止対策を考える上で、どのような対策が必要か、効果的か等の検討、即ち、防止対策立案に向けての設計的、合成的検討を行う必要がある。本報告では、防止対策自体及び防止対策立案の根拠の提供に繋がる“海上居眠り事故の整理と特性把握”を目的として、研究を進めた。

はじめに、居眠り海難発生のフォルトツリーを作

図-1 居眠り海難事故の実態

* 正会員 富山商船高等専門学校 (〒933-02 富山県新湊市海老江練合 1-2)

** 正会員 財団法人海上労働科学研究所 (〒102 東京都千代田区麴町 4-5)

*** 正会員 海上保安大学校 (〒737 広島県呉市若葉町 5-1)

成し、ツリーに基づき検討し、効果的な防止対策と必要な防止対策を提案した。次に、海難事故と自動車事故の統計資料から事故発生確率を求め、確率及びリスクの比較から居眠り原因海難の相対的な特性を把握した。最後に、自動車における過労(居眠り)事故防止対策も参考にし、居眠り海難防止対策を、報告のまとめとともに、提案した。

2. 居眠り海難フォルトツリー

本節では、居眠り海難発生メカニズムを整理し、居眠り海難フォルトツリーの構築を試みた。フォルトツリーの内航船舶への適用例も示し、フォルトツリーから得られる居眠り海難防止対策についても検討した。

2.1 居眠り海難フォルトツリーの構築

居眠り海難防止対策立案を目指すには、当直中の操船者の居眠りを船舶運航システムの中のひとつのヒューマンエラーとする視点から、居眠り海難発生メカニズムを整理する必要がある。

図-2は、一般的なヒューマンエラー発生から事故災害までのメカニズムと防止対策の関係を示したものである⁽³⁾。環境、個人及びストレスの構成からなるヒューマンエラー発生要因、ヒューマンエラー発生、発生したヒューマンエラーの事故災害へのリンクの3段階があり、各段階毎に防止策があることを示している。ヒューマンエラーを起こす環境要因は作業環境の特性、作業と装置の特性等の環境条件を、個人要因は経験、慣れ、モラル等を意味し、ストレス要因は単調さ、刺激の無さ、危険度等の心理的ストレスと疲労、睡眠不足、空腹等の生理的ストレスからなるとされている。防止策はヒューマンエラー発生ポテンシャルの減少(レベル1)、ヒューマンエラー発生直後の修正(レベル2)、発生ヒューマンエラーの事故災害へのリンク抑止(レベル3)である。このヒューマンエラー発生から事故災害までの構造に基づき、居眠り海難発生メカニズムを整理することにより、防止対策立案上有用な居眠り海難フォルトツリーが得られると考えられる。

ヒューマンエラーである居眠り発生までの過程について、生理学及び心理学的視点から詳細に検討したものが前報告⁽¹⁾⁽²⁾である。第1報⁽¹⁾において居眠り海難事故における居眠り要因の類型分類がなされ、図-3に示す9種類の型に分類し得ることが明らかとなった。また、第2報において、これらの居眠り要因間の因果構造も提示された。

図-2 ヒューマンエラーと事故災害

1 睡眠不足

1 回短睡眠
睡眠不足
長睡眠間隔
長夜勤

2 勤務疲労

連続長勤務
1 日長勤務
長夜勤

3 精神疲労

精神疲労
長夜勤

4 病気

有症
服薬
睡眠不調

5 精神弛緩

低警戒心
慣れ
無刺激

6 喚気温度

気流不足
酸素不足
外寒内暖

7 経験年齢

長経験
高齢

8 短時間リズム

日中食後
夕方

9 刺激

無刺激
深夜
緊張感

図-3 船舶の居眠り発生パターンと要因

居眠り発生に至るフォルトツリーを構築するためには、これらの類型化された抽象的表現の居眠り要因を、前述のヒューマンエラー発生要因に基づき、フォルトツリーを構成する具体的な事象の連なりに置き換えなければならない。

居眠り要因の類型分類の勤務疲労と精神疲労を“疲労している(疲労)”と言う事象に、睡眠不足は“睡眠が不足している(睡眠不足)”に、経験年齢は“慣れている(慣れ)”に、精神弛緩は“単調である(単調)”に、刺激は“刺激が無い(無刺激)”に対応させた。疲労と睡眠不足がヒューマンエラー発生要因の生理的ストレスに、無刺激と単調が心理的ストレスに、慣れが個人要因に分類できる。病気、換気温度、短時間リズムは、居眠りとの関連は強いが発生頻度が低いので居眠り発生フォルトツリーの要素から除外した。

次に、これらの事象化した居眠り要因類型と漁船及び内航船舶の運航実状との関連について整理した。同じ海域、航路を短い日程で繰り返し航行している漁船、内航船は慢性的に慣れ、単調、睡眠不足を生み、特に、荷役及び漁撈前後は長時間労働となり、疲労を生んでいる。また、一人当直、オートパイロットの使用、夜間航行の実態から、無刺激も常に生じている。

以上の事象化した居眠り要因類型、居眠り発生から海難事故への繋がり、漁船及び内航船舶運行の実状から求めた居眠り海難フォルトツリーが図-4である。

居眠りと言う現象は、直接的には、疲労、睡眠不足、無刺激、単調、慣れの操船者に関する事象により発生する。これらの居眠り発生に直接繋がる事象は、船員労働の特殊性を含む労働環境条件である環境要因に含まれる事象に、常時、大きく支配されている。この環境要因が、操船者の個人要因、生理的ストレス要因、心理的ストレス要因を介して、居眠りを発生していると考えた。

事故災害へのリンクは、居眠り発生後、居眠り防止が失敗した場合、交通環境上の他船遭遇が衝突海難に、障害物遭遇が乗揚海難に繋がるものとした。

図中のレベル1, 2, 3がヒューマンエラー及び事故災害の防止対策のレベルに対応している。

本フォルトツリーは、前報告⁽¹⁾⁽²⁾の居眠り要因の類型分類及び因果構造を構成し直すことにより、操船者に関する事象と環境に関する事象とを簡潔に区分できるものとし、居眠り海難防止対策を立案するに必要な、設計的な視点からの検討も可能としたものとする。

2.2 フォルトツリーの適用

図-5はある雑誌⁽⁴⁾に掲載されていた内航船の就労実態例である。この例の6月26日19時頃の操船者の居眠り海難発生状況を、フォルトツリーを適用することにより推定してみたものが、図-6である。

荷役後の当直で長時間労働、慢性的睡眠不足より、疲労と睡眠不足の生理的ストレスは大きい。夜の一人当直でオートパイロットを使用、無刺激と単調の心理的ストレスも大きい。経験年数の多い操船者が同じ航路を航行しており、慣れている。

居眠りを発生するすべての事象が成立しており、居眠り発生ポテンシャルは、居眠りすることが不自然ではない程高くなっている。海難発生は、交通環境としての他船/障害物との遭遇確率に依存する状況であると推定される。

本フォルトツリーは居眠り海難発生のメカニズムを明らかにしたとともに、居眠り海難の発生状況の定性的推定を可能にしたものとする。

2.3 フォルトツリーから得た居眠り海難防止対策

フォルトツリー図にレベル1, 2, 3で表示されているヒューマンエラー及び事故災害の防止対策レベルに基づき、居眠り海難防止対策を考えてみる。

(1) 最も効率のよい、効果的な対策は、フォルトツリーのラインが1本に集中しているレベル2の居眠り発生直後の居眠り防止策である。

具体的には、Dead-Man Alarm システム等と呼ばれている、居眠りした操船者をブザー音等で起こすことである。しかし、この方法は、大きな心理的ストレスを生ずることが予想され、非人間的な方法とも考えられる。

図-4 居眠り海難発生フォルトツリー

- (2) フォルトツリーの形状から、次に効果的と考えられる対策は、継続してしまった居眠りを事故災害につなげることを防ぐ、レベル3の方法である。

フルプルーフ、インターロック等と呼ばれるシステムがこのヒューマンエラー防止策を実施している一般的な例である。居眠り海難では、継続的な居眠りを検知した場合、機関停止等の処置を自動的に採り、他船及び障害物との衝突・乗揚を防ぐものである。

- (3) 最後に、居眠り発生のポテンシャルを下げるレベル1の対策である。

多様な因子があり、個人要因もあり、対策と効果のコストパフォーマンスを考えると効率は悪い。しかし、基本的には、最も重要な居眠り海難防止策と考える。具体的には、長時間労働を避ける就労体制作り等の労働環境改善、操船者の健康管理改善等を行うものである。

3. 海難事故と自動車事故

前章で居眠り海難のメカニズムと防止対策の概要は把握できた。しかし、居眠り海難が全衝突・乗揚の10%を占めることがどの程度異常なのか、また、前述の防止対策は効率順で良いのか等の疑問が残る。本章では、これらの疑問に関する検討を、船舶と自動車との比較により試みた。

3.1 自動車における居眠り原因事故統計

自動車における居眠りを原因とする事故は、“過労運転の禁止”違反となり、自動車事故統計には居眠りの項目は無く、“過労等”の項目が居眠り原因事故となる。貨物自動車においては、事業所に“過労運転の防止”が法的に義務付けられている。即ち、自動車行政⁶⁾においては、“居眠り”という生理現象を違反対象としているのではなく、“居眠りを起こした背景(過労)”を対象としていることからこのような法令違反区分となっていると考えられる。“過労等”の事故を居眠り事故として、事故率、事故発生率を求めたものを、図-7に示す。

過労原因事故統計は高速道路についてのみ入手可能であり、“高速道路事故件数、過労原因事故と事故率”が得られた。1台の自動車が1年間あたりに事故を起こす確率を求めたものが、“一般道路、高速道路の事故発生率と過労原因事故発生率”、高速道路における1ドライブ当たりの事故発生率を求めたものが、“1ドライブ当たりの高速道路事故発生率”である。得られた主な確率は以下のとおりである。

- ・ 自動車事故発生率 1.1×10^{-2}
- ・ 過労事故発生率 1.4×10^{-4}
- ・ 1ドライブ当たりの過労事故発生率 4.3×10^{-7}

AERA '92.12.8号(朝日新聞 WEEKLY)より

図-5 内航船就労実態の一例

図-6 6月26日19時頃の内航船の操船状況

推定値を含む得られた自動車事故統計、確率等を表-1, 2 に示す。

3.2 居眠り海難発生率

自動車事故と比較するために、居眠り海難発生確率等を求めることを試みた。

居眠りを原因とする衝突・乗揚海難数は、図-1 に示すように、海難審判裁決録からのみ得られ、81年から91年までの10年間で524件であった。この間に発生した衝突・乗揚事故に関する事故件数と海難審判裁決数とを比較する⁽⁹⁾と、海難審判裁決を受けた事故数は3割ほど少ない。居眠り原因の衝突・乗揚海難数が前述の内容、実態等を握めないで、本報告では裁決録より得られた524件を、居眠り海難発生確率の計算対象とした。

確率を求める際に母数となる内航船舶数と漁船数を、文献⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾から、図-8として求め、内航船10000隻、漁船27500隻とした。また、出入港回数は内航船についてのみ得られ⁽¹²⁾、漁船については得られないので、1航海当たりの居眠り事故発生率は内航船のみを対象とした。

得られた主な確率は以下のとおりである。

- ・ 船舶事故発生率 1.97×10^{-2}
- ・ 居眠り事故発生率 14.0×10^{-4}
- ・ 1航海当たりの居眠り事故発生率 91.3×10^{-7}

得られた海難事故統計、確率等を表-1, 2 に示す。

3.3 船舶と自動車の事故率及びリスクの比較

前節までに得られた船舶と自動車の事故発生率、居眠り(過労)事故発生率を許容リスク曲線と共にプロットしたものが図-9である。

船舶の事故発生率は自動車の約2倍程度、居眠り事故発生確率は約10倍程度の異常な高さであることが明らかである。前節で求めた、内航船舶の1航海当たりの居眠り事故発生確率が自動車の高速道路1ドライブ当たりの過労事故発生率の20倍以上であることから推定すれば、事故発生率の約2倍、居眠り事故発生率の約10倍は信頼できる値と考えられる。

次に、これらの確率が許容できるものであるか検討する。図中の許容リスク曲線は文献⁽⁵⁾⁽⁶⁾に記載されているもので保険料査定等の基本資料となっているものである。横軸の各項目において、曲線より下、即ち、確率が高ければ許容不可能な現象であると認識されるものである。

高速道路事故件数、過労原因事故と事故率
(運輸白書等より)

一般道路、高速道路の事故発生率と過労原因事故発生率
(運輸白書等より)

1ドライブ当たりの高速道路事故発生率
(運輸白書、交通白書より)

図-7 自動車の事故及び過労事故発生率等

表-1 船舶及び自動車の事故統計

衝突・乗揚海難事故関連統計 (運輸白書、海上保安白書、港湾統計、漁船ハンドブックより)		自動車事故関連統計 (運輸白書、交通安全白書より)	
衝突・乗揚海難事故件数	約 740 件/年	一般道路を含む自動車事故件数	約 660,000 件/年
居眠り原因の衝突・乗揚海難事故件数	524 件/10年	高速道路事故件数	約 32,000 件/年
	524件の内訳 漁船 250 件 非漁船 274 件	過労原因の高速道路事故件数	約 397 件/年
内航船舶数	約 10,000 隻	過労原因の一般道路を含む推定事故件数	約 推定 8189 件/年 = $397 \times 660,000 / 32,000$
動力漁船舶数(5トン以上)	約 27,500 隻	自動車保有台数	約 57,900,000 台
動力漁船舶数(5トン未満)	約 290,000 隻	高速道路利用台数	約 933,000,000 台/年
全内航船舶入港回数	約 3,000,000 回/年	平均高速道路利用回数	約 16.1 回/年台
平均内航船舶入港回数	約 300 回/年隻		
平均内航船舶航海日数	約 1.22 日/隻		

表-2 船舶と自動車の事故発生率等の比較

項目	船舶		自動車	
	計算式	数値	計算式	数値
居眠り事故割合	$\frac{\text{居眠り原因衝突・乗揚数}}{\text{衝突・乗揚数}}$	7.1 %	$\frac{\text{高速道路の過労原因事故数}}{\text{高速道路事故数}}$	1.2 %
事故発生率	$\frac{\text{衝突・乗揚数}}{\text{内航+漁船数}}$	1.97×10^{-2} 件/年隻	$\frac{\text{一般道路を含む事故数}}{\text{保有台数}}$	1.1×10^{-2} 件/年台
1隻(台)の居眠り事故発生率	$\frac{\text{居眠り原因衝突・乗揚数}}{\text{内航+漁船数}}$	14×10^{-4} 件/年隻	$\frac{\text{一般道路を含む過労原因推定事故数}}{\text{保有台数}}$	1.4×10^{-4} 件/年台
1トンの居眠り事故発生率	$\frac{\text{内航船舶の居眠り原因の衝突・乗揚数}}{\text{内航船舶航海数}}$	91.3×10^{-7} 件/航海	$\frac{\text{高速道路事故過労原因事故数}}{\text{高速道路利用台数}}$	4.3×10^{-7} 件/トン

内航商船船腹量の推移

5トン以上の登録動力漁船数の推移

図-8 内航船と漁船の船腹量

自動車事故は、移動速度の速さ等から事故が生命の危険に直結するので、許容項目としては、生命となる。事故発生率及び過労事故発生率ともに、許容不可能なリスクであることが明らかである。このことが、自動車事故防止対策が強化されているひとつの因子と考えられる。

船舶の衝突・乗揚事故は、死に直結することが少なく、生命の項目でのリスク評価がされず、効果的な事故防止対策が施行されないでいると考え得る。しかし、最近のタンカー事故で明らかになっているように、船舶の事故は、公害に準ずる社会と経済への影響を生じており、リスクの項目としては生存環境で評価すべきものとする。これらの項目でリスク評価を行えば、事故発生率と居眠り事故発生率ともに、許容不可能なリスクであることが明らかである。

図-9 船舶及び自動車事故のリスク評価

4. まとめ

以上の居眠り海難フォルトツリー、自動車過労事故との比較などから、幾つかの知見を得たので整理し、内容を次記する。

- (1) 著者等が構築したフォルトツリーは居眠り海難発生のメカニズムを明らかにするとともに、居眠り海難の発生状況の定性的推定を可能にした。
- (2) 居眠りを原因とする船舶の衝突・乗揚事故は、自動車の過労原因事故の大略 10 倍程度の確率で発生していることが明らかになった。また、船舶事故の社会的・経済的な影響の大きさと居眠り事故発生確率から、船舶居眠り事故のリスクは人間が許容不可能な高さであることも明らかになった。船舶居眠り事故の発生確率とリスクは、異常な高さと認識すべきであり、早急な防止対策の立案と施行が強く求められるべき状況と考えられる。
- (3) 居眠り発生のポテンシャルを下げること(レベル1の防止策)が、最も基本的かつ重要な居眠り事故防止対策であるが、船舶では、まったくと言える程、実施されていない状況である。居眠り発生ポテンシャルの減少を目的とする具体策は、労働環境改善等であり、自動車行政では、法的な規制を背景に厳しく実施されている。船舶においても、同様の施策が必要であると考えられる。

- (4) 居眠り発生防止に続く、居眠り事故防止対策は、心理的ストレスを新たに生じない形の居眠り直後の居眠り防止装置(レベル2の防止策)、居眠り継続時の事故災害へのリンクを切る装置(レベル3の防止策)である。Integrated Bridge System 等の、新しい船舶の装備には、これらの対策に対応した機能を盛り込むべきであると考ええる。

5. 謝 辞

本研究は、日本海難防止協会が日本海事財団の助成を受けて実施した「海難調査及び海難統計の充実強化のための調査研究」⁹⁾の一部をまとめたものである。有益な議論、示唆を頂いた関係各位に深甚な謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 村山 他：“居眠り海難の分析—I. 一居眠り要因分析—”，日本航海学会論文集 第87号，pp.73-78，1992
- (2) 高橋 他：“居眠り海難の分析—II. 一居眠り要因の構造分析—”，第89回日本航海学会講演会発表，1993
- (3) 井上，高見：“ヒューマンエラーとその定量化”，システムと制御，Vol.32，No.3，pp.152-159，1988
- (4) 朝日新聞：“内航船も3K 職場”，Asahi Shimbun Weekly AERA，No.50，pp.48-49，1992
- (5) 労働省労働基準局：“自動車運転者労務改善基準の解説”，労働法令協会，pp.284-292，1991
- (6) 寺野寿郎：“システム工学入門”，pp.268-272，共立出版，1985
- (7) W.Rowe：“An Anatomy of Risk”，Robert E.Krieger Publishing，pp.66-68，144-147，168-170，1988
- (8) 総務庁：“交通安全白書”，1982-1991
- (9) 海上保安庁：“海上保安白書”，1981-1991
- (10) 運輸省：“運輸白書”，1982-1991
- (11) 日本港湾協会：“港湾統計”，1982-1991
- (12) 全日本安全協会：“交通統計”，pp.70-71，1991
- (13) 全日本漁港協会：“漁港ポケットブック”，pp.102-103，1992
- (14) 日本内航海運連合会：“内航海運”，p.34，1989
- (15) 日本海難防止協会：“海難調査及び海難統計の充実強化のための調査研究(その2) 報告書—プレジャーボート等小型船舶海難調査手法—(居眠り海難に関する調査研究作業部会)”，1993